



新AOD转炉使SIJ  
Acroni加快了冶  
炼速度,提高了生  
产能力。

# 消除 瓶颈

依靠普锐特冶金技术AOD转炉提高不锈钢生产能力和质量水平



普锐特冶金技术为SIJ Acroni新建的95吨AOD转炉首次装料。

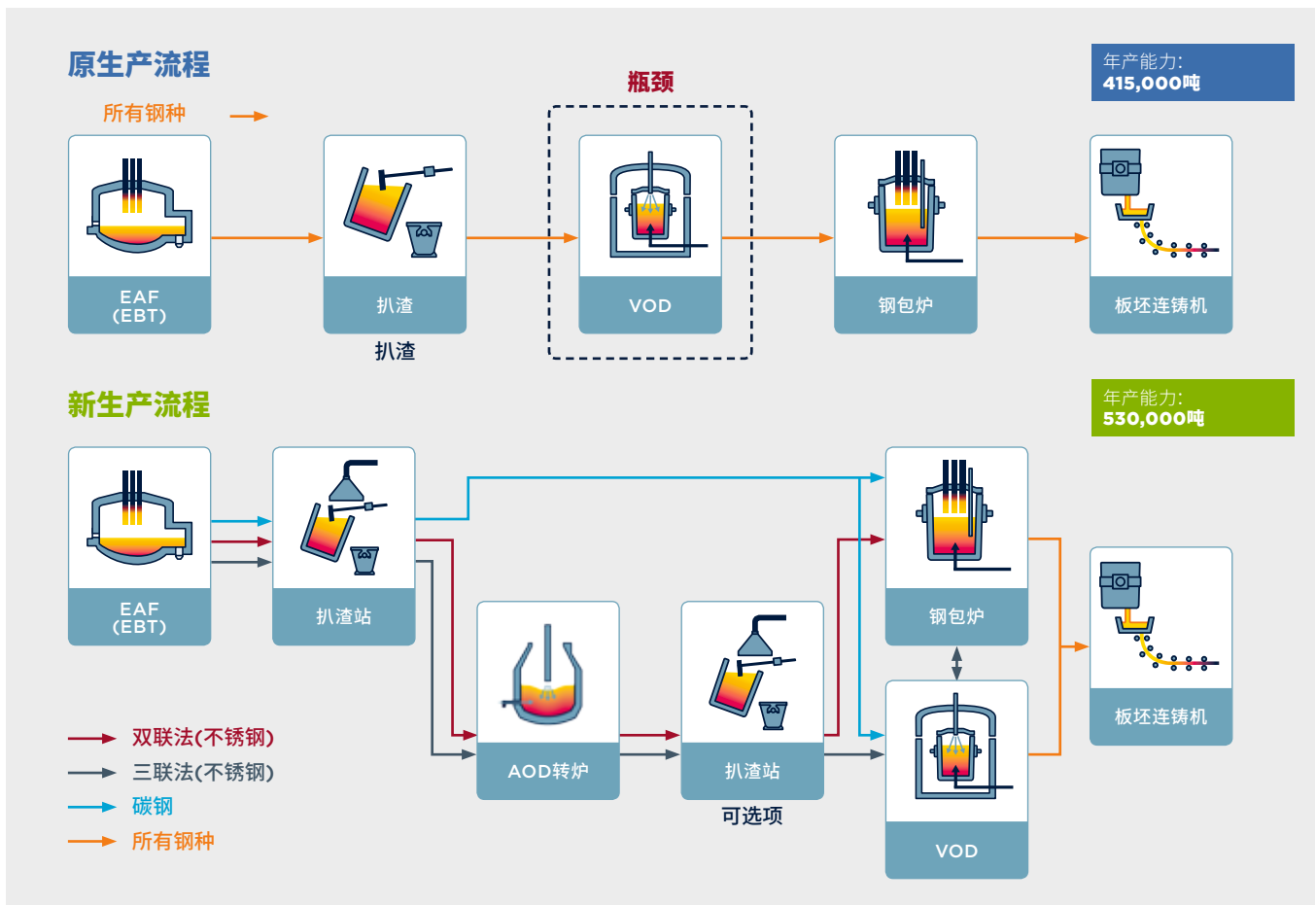
2015年年中，斯洛文尼亚SIJ Acroni委托提供普锐特冶金技术为其Jesenice钢厂提供一座新的95吨AOD转炉和新除尘系统。新设备于2017年4月投入运行，使该厂的钢水生产能力增加了大约35%，达到每年530,000吨。同时，该厂降低了生产成本，还减少了排放。

SIJ Acroni, d.o.o.隶属于斯洛文尼亚钢铁集团(SIJ)，是斯洛文尼亚最大的钢铁企业之一。它是不锈钢四开板的欧洲领先生产商，也是电工钢和特殊钢热轧及冷轧带卷、厚板和冷轧型材的专业生产商。SIJ Acroni厂位于Jesenice，在首都卢布尔雅那西北方向大约60公里处。现有炼钢车间建于上世纪80年代后期，设计能力为年产大约396,000吨钢水。采用的碳钢和不锈钢生产流程都是用一座电弧炉(EAF)熔化废钢后在一座真空吹氧脱碳(VOD)炉内脱碳，在钢包炉内进行最终调整后用一台单流连铸机(CCM)浇铸。Jesenice厂的板坯连铸机于2009年由普锐特冶金技术成功进行了升级改造，安装了新的铸机机头和铸流导向系统，以及先进的动态调宽和质量控制工艺包。除了炼钢车间，该厂还拥有一套热轧机和一条热处理线。

### VOD成为不锈钢生产的瓶颈

虽然炼钢车间的二次冶金设备包括了两个而不是一个VOD处理站，但这样的设备配置成为了不锈钢生产的瓶颈：不锈钢的VOD处理时间明显长于碳钢，使整个生产链降低了速度。为了实施增加高利润不锈钢的生产和降低生产成本的战略，SIJ Acroni在2015年作出了一项投资决定：安装一座氩氧脱碳(AOD)转炉，通过加快大多数不锈钢种的脱碳工艺速度而消除这个瓶颈。另外，这样还能把精炼和主要的冶金工作从EAF转移到AOD，从而进一步缩短处理时间并因此而提高产能。最后，这一改变还能增加连浇炉数，减少连铸机的设置和启动时间。

»



SIJ Acroni公司Jesenice厂炼钢车间的新、旧生产流程

完成AOD工艺升级后，普锐特冶金技术预计钢水的年生产能力可提升大约35%，意味着该厂的总产量达到530,000吨。加上EAF升级和AOD顶枪的安装，生产能力将进一步提高，达到令人惊叹的650,000吨/年。

安装第三个VOD处理站也能使产能增加大约15%。不过，SIJ Acroni选择了AOD方案，因为它能够降低运行成本(OPEX)。AOD转炉在这方面的主要优点是：

- 能够使用廉价炉料而不降低质量。举例来说，AOD处理能够使用高碳铬铁(炉料级铬铁)来代替优质的精炼铬铁
- 降低EAF、VOD和CCM的耐材消耗，因为它们与钢水接触的时间得以缩短
- 降低EAF的电耗和电极消耗
- 减少进入渣中的合金元素(比如铬)，提高收得率
- 增加连浇炉数，提高连铸收得率

### AOD和VOD不锈钢生产流程的比较

上图的上半部分示意了该厂原来的生产流程，它的钢水生产能力为415,000吨。所有设备的炉容均为90吨。典型的VOD不锈钢处理时间超过4小时，这就是两个VOD处理站在原生产流程中成为瓶颈的原因。安装AOD转炉后，不锈钢生产的VOD瓶颈得以消除，EAF和AOD工艺保持平衡。由于EAF和AOD的处理时间大大短于原生产流程，总生产能力明显提高。新的EAF和AOD流程还具有其他方面的改善潜力。

在项目初期，普锐特冶金技术进行了一项关系到产能提高的物流研究，分析了采用双联法和三联法不锈钢工艺时主装料天车的利用率和连铸机可能达到的连浇炉数。研究结果表明，170吨装料天车的利用率在最大产能时非常高，但可以通过安装第二台天车而加以平衡。大多数不锈钢种都可以采用不需要VOD处理的双联法进行生产。生产计划的研究结果是，对于典型的双联法(比如标准的奥氏体不锈钢)，新的设备配置能够实现至少3炉连浇；而对于典型的三联法(比如含钛奥氏体不锈钢)，能够实现两炉连浇。





SIJ Acroni厂炼钢车间的新建95吨AOD转炉



新除尘系统降低了排放指标。

### 对AOD冶金效果和成本节约的预期

AOD转炉是最常用的不锈钢生产流程的组成部分——主要是因为它的脱碳率高而金属(比如铬)氧化极少。为了达到冶金目标,它采用了基于侧壁埋入式喷嘴(风口)的侧吹工艺。随着碳含量下降,它增大通过侧壁喷嘴喷入的惰性气体量以降低一氧化碳分压,从而能够抑制铬氧化进入渣中的程度。为使熔体中的铬达到最大回收率,脱碳后有一个还原期,此时通过侧壁喷嘴只喷入纯惰性气体进行搅拌。其他冶金目标还有:在还原期同时进行脱碳;调整氮含量;缩短工艺时间;降低介质和材料消耗。所有这些都是项目性能保证值的一部分。

普锐特冶金技术拥有种类齐全的冶金工艺计算工具,满足所有炼钢工艺设备的需要。2级工艺模型指导和监测所有精炼工艺,能够确保最高质量水平、最大工艺稳定性和最低生产成本。这些工具的离线版本被用来对原工艺流程和新流程进行全面比较。比较中使用的介质和材料成本、产量及产品方案数据均经过确认。工艺比较的结果表明,AOD能够达到明显的成本节约效果,这使SIJ Acroni增强了对于获得投资回报的信心。

### 升级方案的实施

2015年7月,普锐特冶金技术获得合同,作为主要供应商而承担炼钢车间升级项目的设计、制造和供货,包括一座AOD转炉和所有配套设备,比如:扒渣站,上料系统,转炉加热、砌炉和拆炉站,运输车,除尘系统,等等。普锐特冶金技术还负责了炼钢车间新总图的设计,并在完成升级后执行了调试工作。整个项目由普锐特冶金技术和来自斯洛文尼亚Velenje的Esotech d.d.公司组成的联合体执行。Esotech承担了钢结构工程、钢厂的施工和水处理厂的供货。普锐特冶金技术完成供货后,Esotech从2016年9月开始安装重型设备的主要部件,并在2017年2月完成了最后的电气设备安装。通过严格管理和加速所有供货流程,升级项目的全部工作都按照达成一致的进度表如期完成。每天召开的现场协调会和具体到每小时的工作计划保证了项目的顺利执行,最大限度减少了生产中断。在SIJ Acroni签署合同后不到两年,AOD就于2017年4月冶炼出了第一炉。经过一个时间不长的增产阶段,该设备从2017年8月以后一直满负荷运行。尽管在运行时只使用侧壁风口,但这座AOD转炉的工艺时间稳定保持在平均不到80分钟的水平。

»»

## 新AOD转炉的详细特点

普锐特冶金技术新提供的AOD转炉出钢量为95吨。有5个底吹风口用来向熔池中喷吹工艺气体。为了进一步加快工艺速度，可以选择安装一支顶枪。底吹风口通过旋转接头与采用单路控制的阀站连接，使得每个风口的气体流量都能独立控制和优化，大大延长了风口和炉衬的使用寿命。炉壳本身的设计以优化平熔池操作为原则，能够保证最高脱碳效率(CRE)。因此，熔池的几何形状是在采用低液面高度以减小钢水静压力和保证足够熔池深度以使喷入的工艺气体充分混合并发生化学反应这两个方面之间折衷的结果。配有两台异步电动机的倾动传动系统保证了AOD转炉快速和精确地完成倾炉动作。

为了减轻AOD固有的振动，转炉配备了Vaicon Drive Damper专利系统。来自多家样板厂的反馈已经证明，这种减振系统能够有效地减小动载荷和转炉位移，因而带来了多方面的优点：减轻设备(尤其是齿轮和轴承)疲劳和磨损，延长设备使用寿命，减少维修工作量，提高操作安全性，等等。

为了方便炉壳的快速更换，采用了Vaicon Quick悬挂设计。首先，将一套更换装置放到空载的钢包运输车上。然后，该装置托起旧AOD炉壳，将其运到天车跨，再由天车运到维修区。钢厂新增加的这个区域主要包括一个用于拆除旧炉衬的拆炉站，以及一个转炉砌炉和加热组合站，AOD炉壳在这里砌筑新炉衬，并在重新投入运行前加热。

主要的添加料从AOD转炉上方的新上料系统加入，而废钢则通过废钢溜槽装入AOD炉。新的合金和添加料上料系统分成3个储料区，将原有的和新建的储料设施结合在了一起。3个新的60 m<sup>3</sup>高位料仓保证了充足的造渣剂、石灰和白云石供应。对于标准合金(主要是炉料级铬铁)的添加，重新使用了原有的部分8和15m<sup>3</sup>高位料仓。最后，一个用于特种合金的较小(但可以扩大)的4 m<sup>3</sup>称重料斗被安装在转炉跨，它通过一条垂直皮带输送机与AOD相连。

## 新除尘系统

为了最大限度降低排放指标，为新的AOD工艺系统安装了基于脉冲喷吹过滤器技术的先进的一次和二次除尘系统。结果，在性能考核期间达到了灰尘含量小于10mg/Nm<sup>3</sup>的水平。



新安装的2级自动化系统。

另外，为了改善钢厂内部的清洁条件，新除尘系统还在现有EAF、上料系统、钢包炉、处理站和火切机等处设置了多个抽风点。AOD一次废气净化的冷却系统采用了一种正在申请专利的新技术，特点是冷却效率高，风机数量少，空间省，显著减少了稀释空气量和对过滤器的传热，从而大幅度降低了运行和维修成本。

## 先进自动化

工艺优化和控制软件，即2级和1级自动化，是确保工艺精确和高效进行的一个关键因素。2级系统直接与SIJ Acroni的现有生产计划系统(MES)通信。SIJ Acroni厂使用的动态工艺模型(专利)包括了一系列冶金模型，它们共同执行熔池状态和炉壳内化学反应的在线计算和离线模拟。结果，工艺模型对大多数钢种都能准确地预测出工艺终点的参数，碳含量的精度能够达到± 50 ppm，温度精度达到± 15°C。

新型“Acoustic Expert”系统是自动化方案的又一个亮点，它能对脉冲喷吹过滤器过滤布袋的清理操作进行监测。系统对清理布袋过滤器时发出的声音进行分析，从而能够发现偏差并执行基于状态的维修。

**Bernhard Voraberger**, 普锐特冶金技术转炉炼钢技术和创新主管  
**Gerald Wimmer**博士, 普锐特冶金技术转炉炼钢副总裁  
**Roman Robic**, SIJ Acroni技术总监

## 走一条新路

签署合同后仅仅两年，SIJ Acroni公司Jesenice厂的操作人员就用普锐特冶金技术提供的新AOD转炉冶炼出了第一炉钢水。在项目执行过程中钢厂保持了正常生产——最大限度缩短了停产时间。

在生产出第一炉后的几周和几个月内，新设备又成功生产了将近20种不同的不锈钢和特殊钢。斯洛文尼亚总统Borut Pahor出席了2017年9月举行的正式投产仪式，并强调指出了SIJ集团的投资对斯洛文尼亚经济的重要意义。



AOD炉壳正在被吊装就位。新项目的所有工作都在正常生产过程中完成。



在正式投产仪式上，普锐特冶金技术的Josef Lanschützer对SIJ Acroni团队的全力配合表示感谢。



AOD工艺大幅度提高了SIJ Acroni炼钢厂的生产能力，同时降低了运行成本。